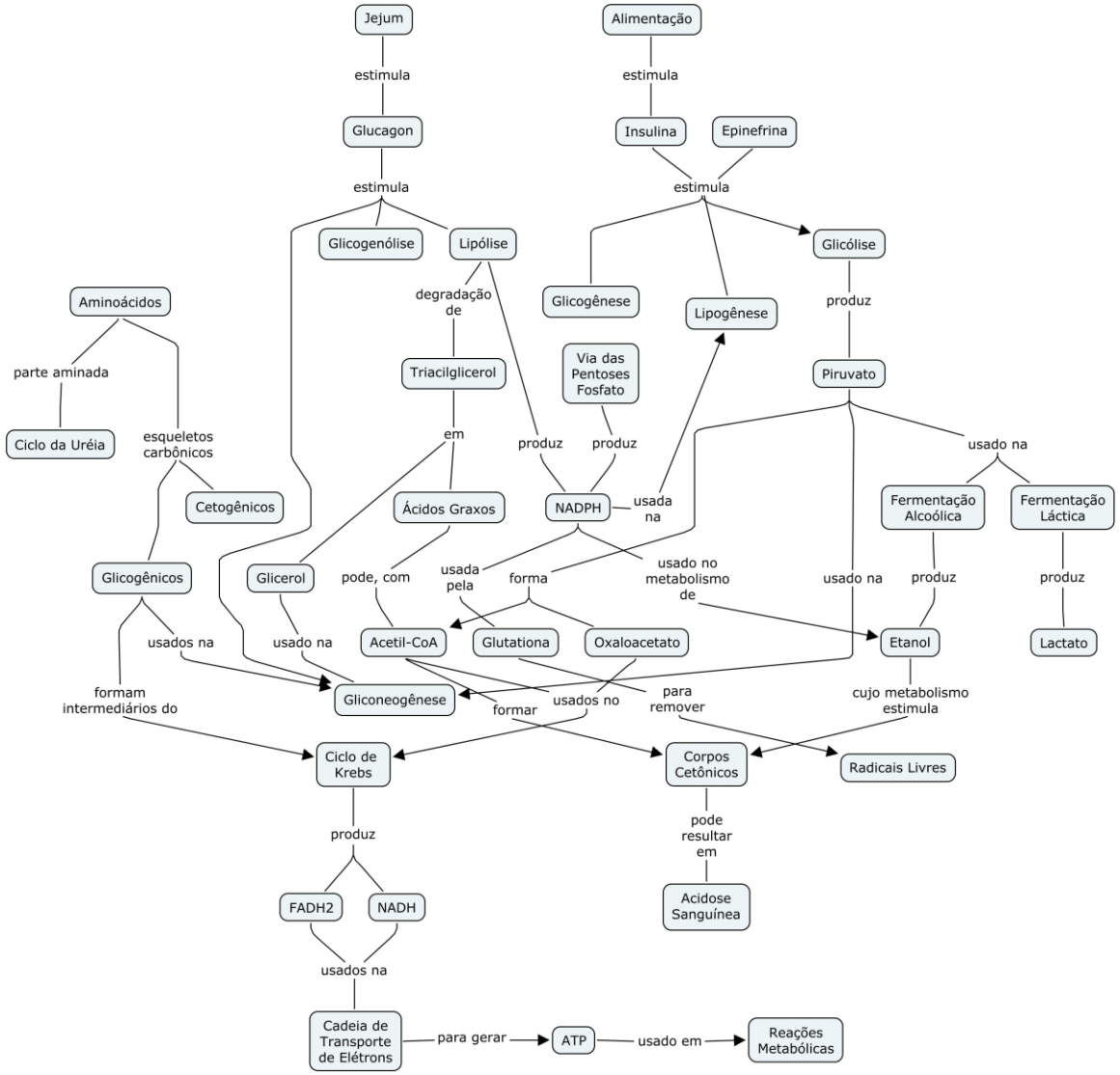
Metabolismo energético

Visão geral do metabolismo

- As células estão constantemente realizando milhares de reações químicas necessárias para se manterem vivas e saudáveis;

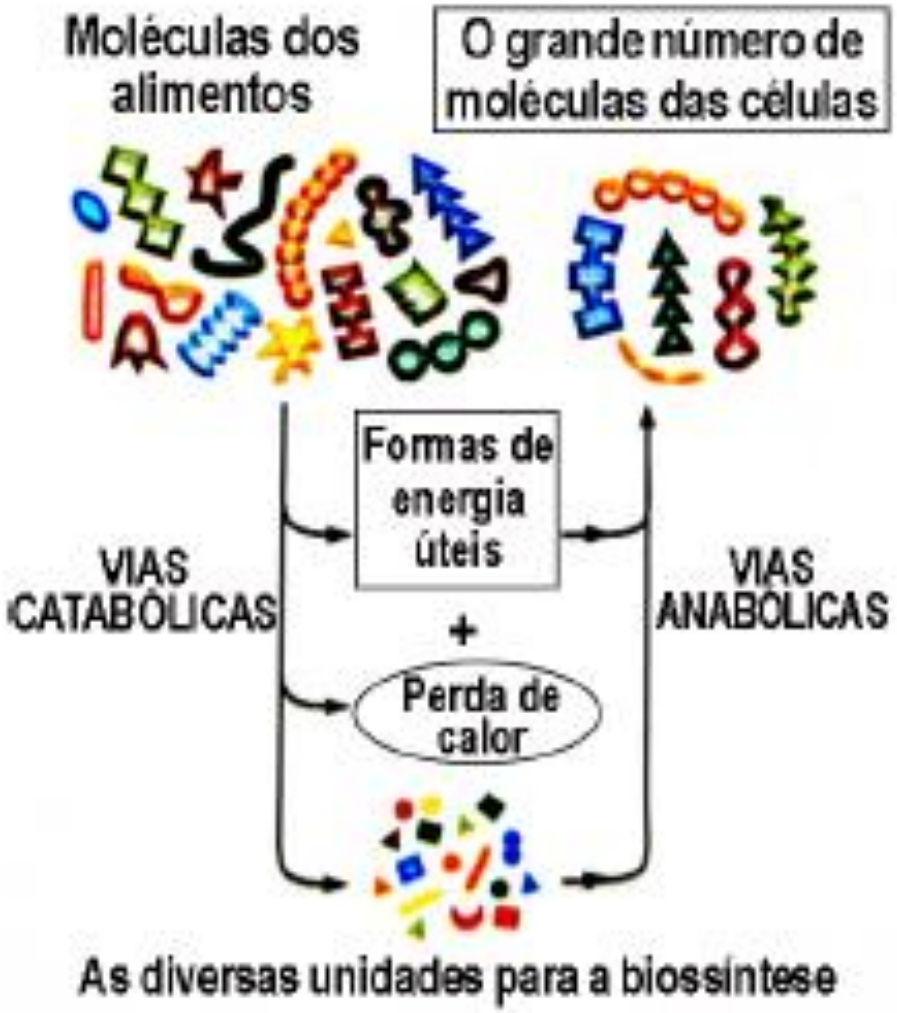
- Todas as reações químicas que ocorrem dentro de uma célula são chamadas de metabolismo celular.



- Na rede metabólica da célula, algumas reações químicas liberam energia, enquanto outras precisam de energia adicional para serem realizadas.

- Anabolismo – é a formação de moléculas complexas a partir de moléculas simples, com gasto de energia, como ocorre na fotossíntese

- Catabolismo – quebra de moléculas complexas em moléculas simples, com liberação de energia, como ocorre na respiração celular.



- As células precisam de um fluxo contínuo de energia para suprir suas reações químicas.

- Essa energia vem dos alimentos que nós consumimos.

- Como a energia não pode ser gerada nem destruída, o que ocorre nas reações metabólicas é a transformação da energia de um tipo em outro.

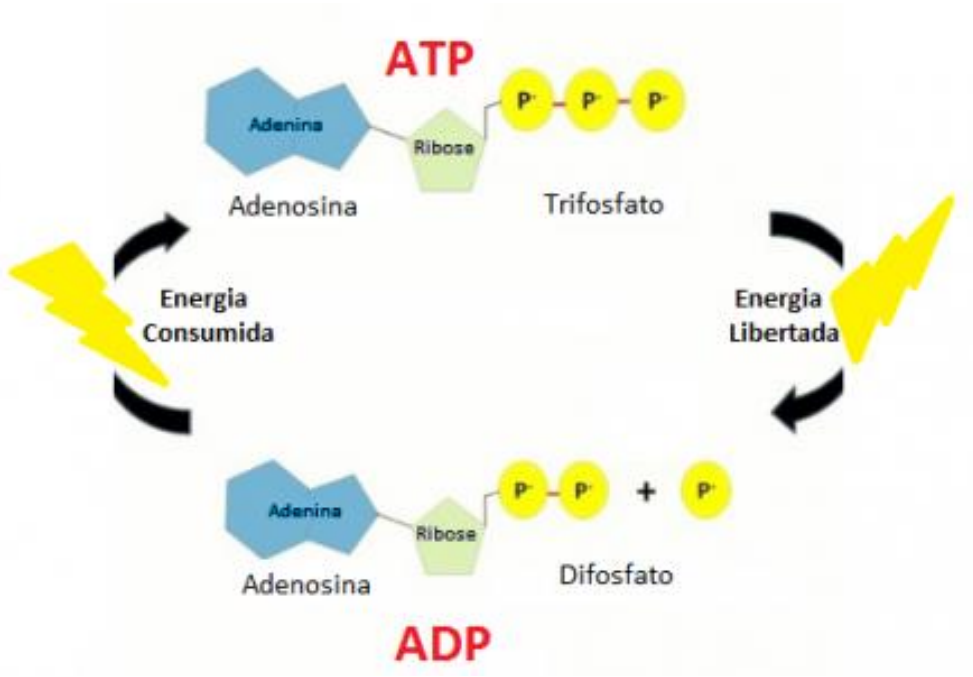
A molécula de ATP

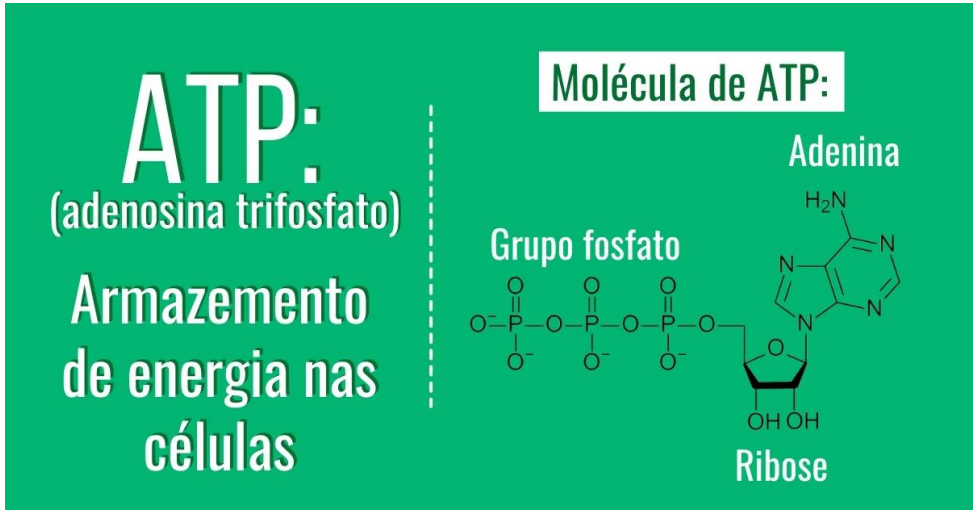
- É a molécula energética das células, responsável por armazenar e liberar energia.

- O ATP armazena muita energia em suas ligações e quando a célula precisa de energia, ocorre uma quebra nas ligações da molécula para liberar energia.

- ATP → energia + ADP + Pi
- Energia + ADP + Pi → ATP

- Milhões de moléculas de ATP são utilizadas por segundo em uma célula ativa.

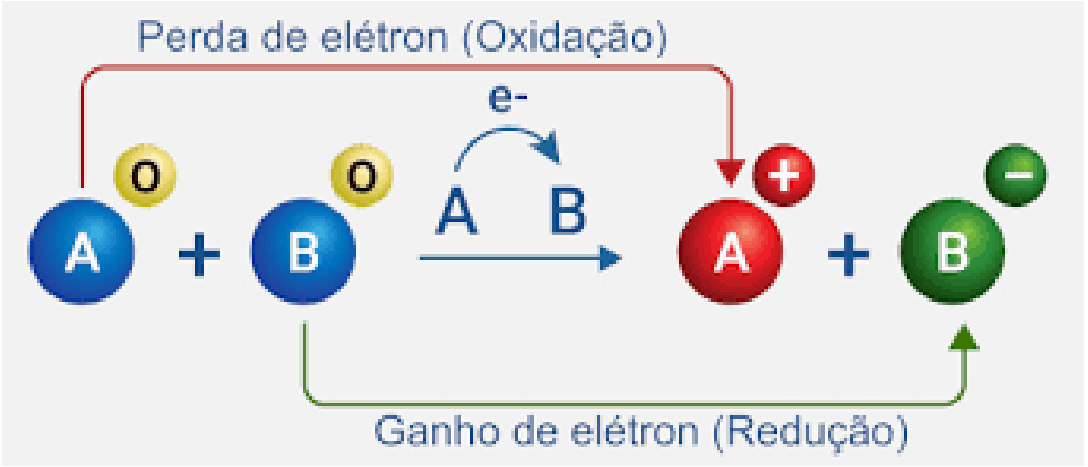




As reações Redox

- Na + Cl → NA+ e Cl- (reação redox)

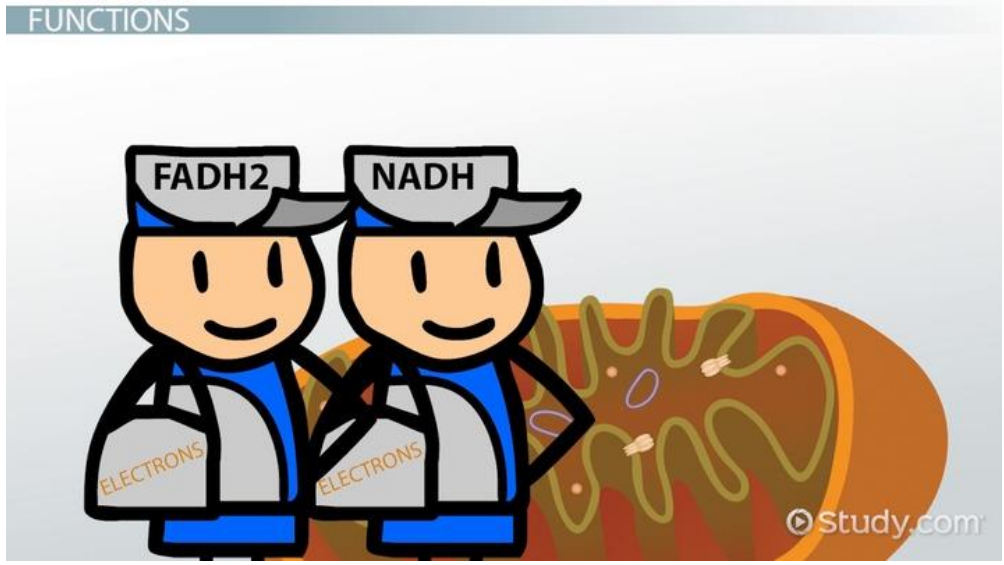
- O sódio perde um elétron e torna-se oxidado.
- O cloro recebe esse elétron e torna-se reduzido.



- Perda de elétrons – oxidação
- Adição de elétrons – redução

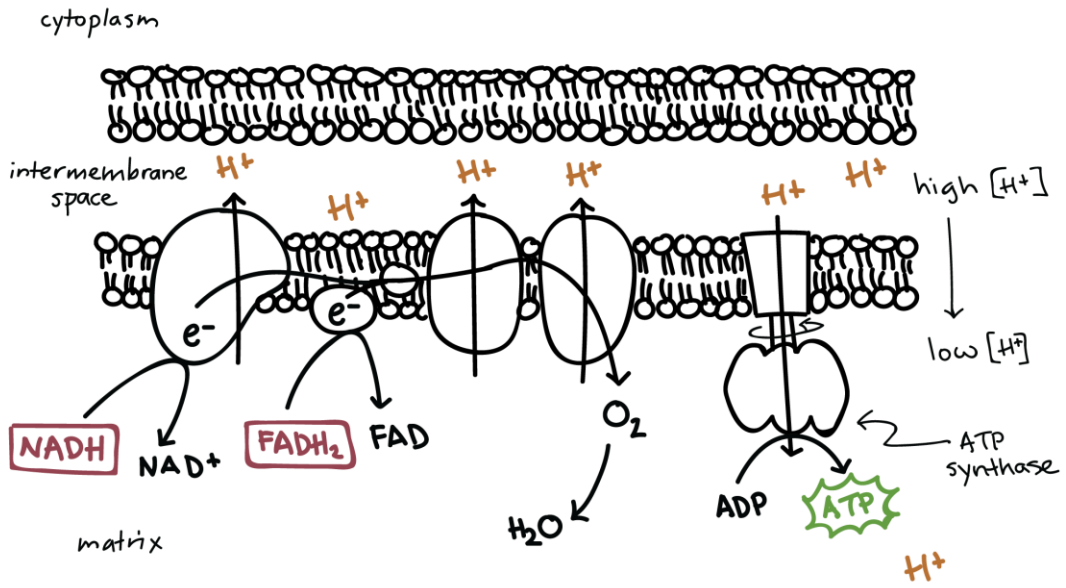
Moléculas transportadoras de elétrons

- Numa reação redox, quando ocorre a transferência de elétrons, também ocorre a transferência de energia.
- O elétron é transferido com um próton $H^+ + e^-$
- Nas reações metabólicas, os átomos de hidrogênio não são transferidos diretamente para o agente redutor. Eles passam por um agente transportador de elétrons.



Moléculas transportadoras de elétrons

- Esse agente é a coenzima NAD, que na forma oxidada é NAD+ e na reduzida é NADH.
- Existe também o FAD, que na forma oxidada é FAD+ e na reduzida é FADH2.
- A NADH e FADH2 representam estoques de energia para os processos celulares.



Moléculas transportadoras de elétrons

O NAD+ atua em processos catabólicos, como a fermentação e a respiração;

O NADP+ atua em processos anabólicos, como a fotossíntese;

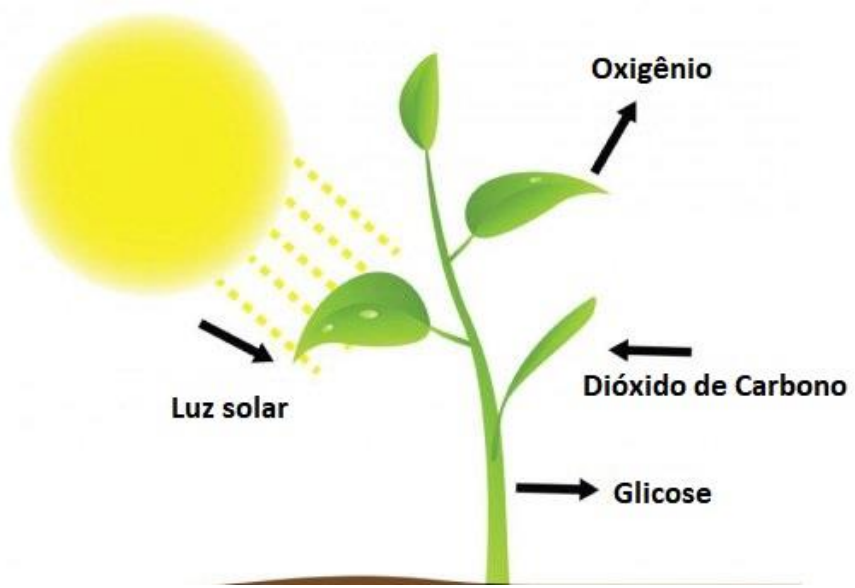
O FAD atua em processos catabólicos, mas está restrito a algumas etapas da respiração.

A fotossíntese

- Equação geral - $6CO_2 + 6H_2O +$ energia luminosa → $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$.

- O CO_2 é reduzido a um carboidrato e elétrons são removidos da água, liberando oxigênio.

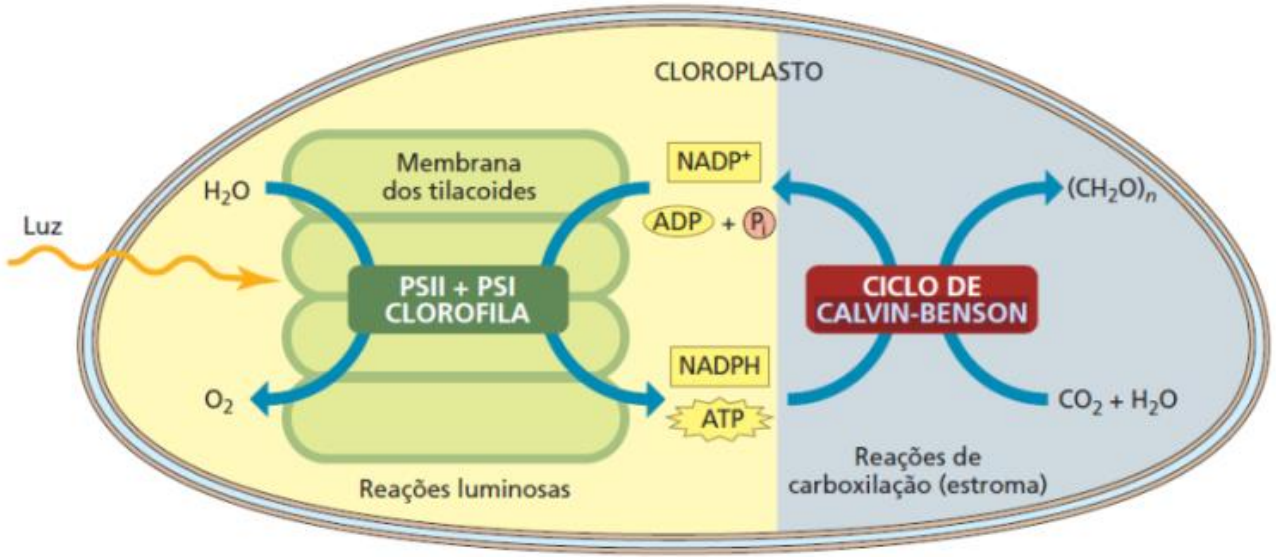
- Ocorre nos cloroplastos, presentes principalmente no mesofilo das folhas.



- A fotossíntese ocorre em duas etapas:

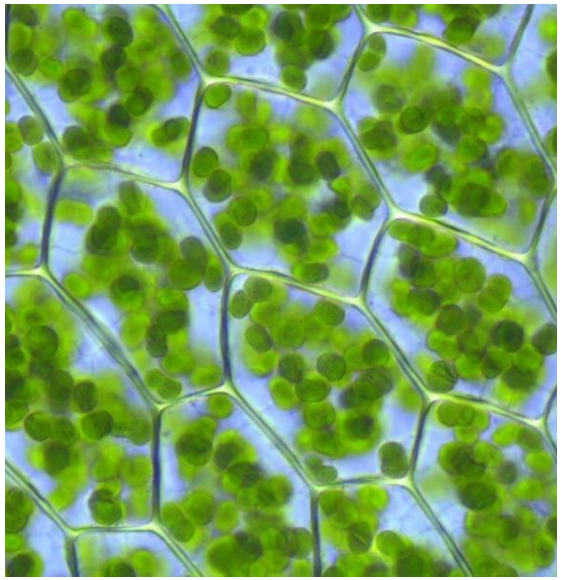
➢As reações dependentes de luz ou fase clara, que ocorrem nos tilacoides.

➢As reações do ciclo de Calvin Benson ou fase escura, que ocorrem no estroma.



Pigmentos fotossintetizantes

- Para que a fase clara ou fotoquímica ocorra, são necessários pigmentos fotossintetizantes, que absorvem os fótons de luz presentes nas ondas luminosas.



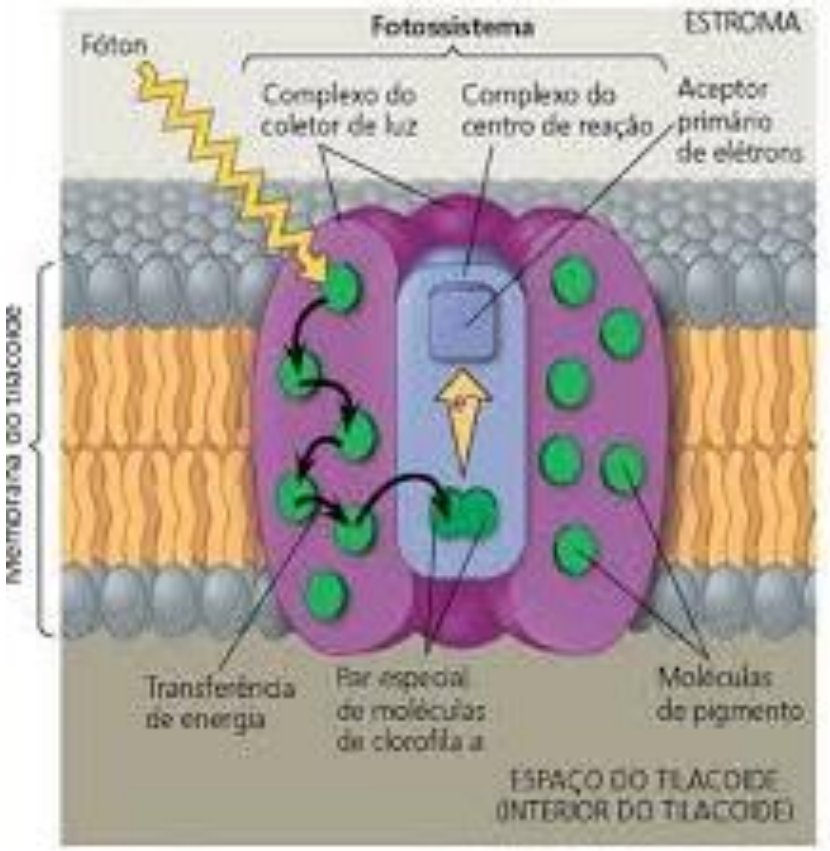
- Os pigmentos absorvem e refletem determinados comprimentos de onda e sua cor é dada pelo comprimento de onda refletido.

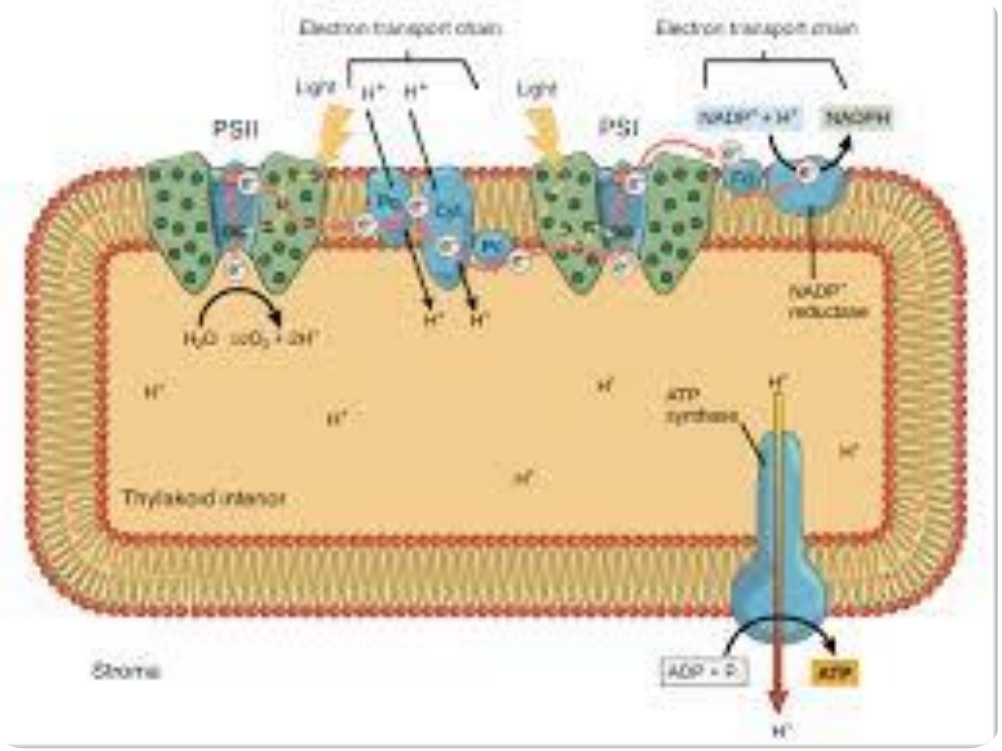
- Nas plantas e algas, as clorofilas a e b refletem o comprimento de onda da luz verde, por isso são verdes.
- Há também outros pigmentos, como carotenoides e ficobilinas – pigmentos acessórios.

- Quando pigmentos acessórios e a clorofila b absorvem um fóton de energia, tornam-se excitados e passam parte dessa energia a outra molécula de menor energia, até que a energia chegue à clorofila a.

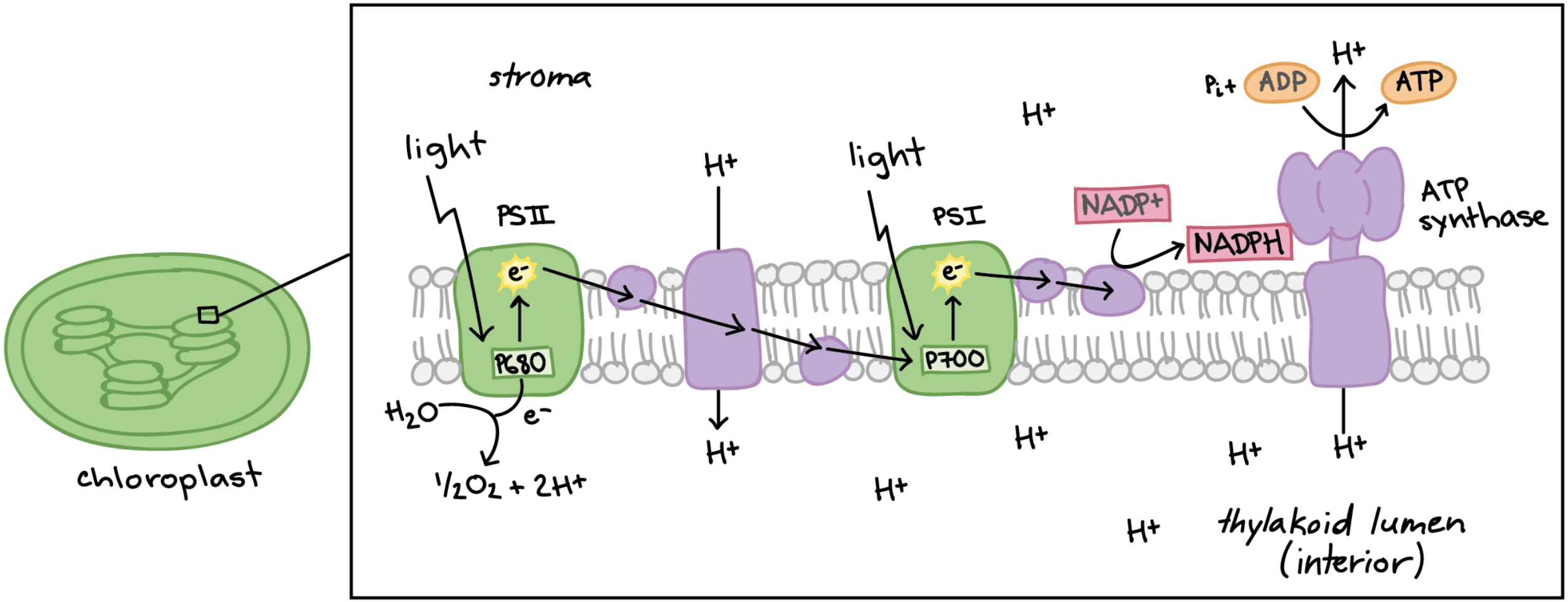
- Os pigmentos fotossintéticos ficam nas membranas dos tilacoides como complexo antena, associados a proteínas da membrana, para absorver energia.

- A energia luminosa é transferida entre os pigmentos até chegar ao par especial de clorofila a, presentes no centro de reação.



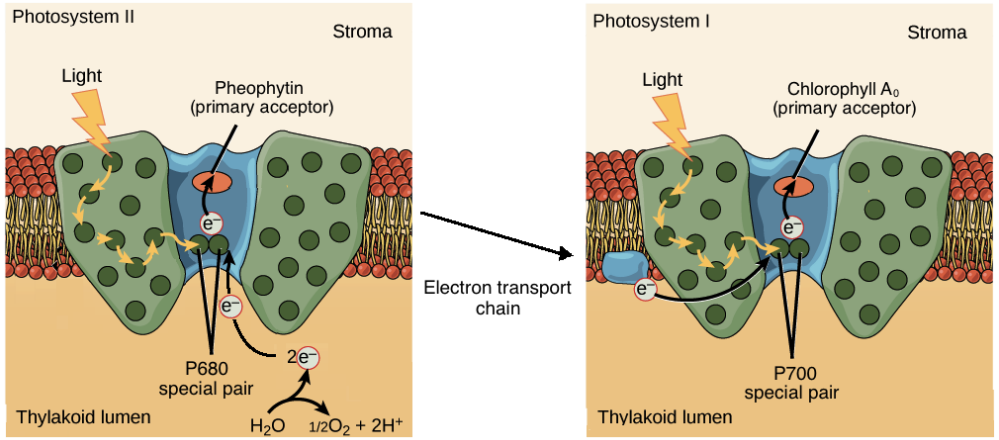


- O complexo antena e o centro de reação são chamados de fotossistemas.
- No complexo antena, os pigmentos absorvem a luz e a direciona ao centro de reação.
- O primeiro fotossistema é o II e suas clorofilas são chamadas de P700.
- O segundo fotossistema é o I e suas clorofilas são denominadas P680
- Os fotossistemas II e I são ligados entre si por uma cadeia transportadora de elétrons.

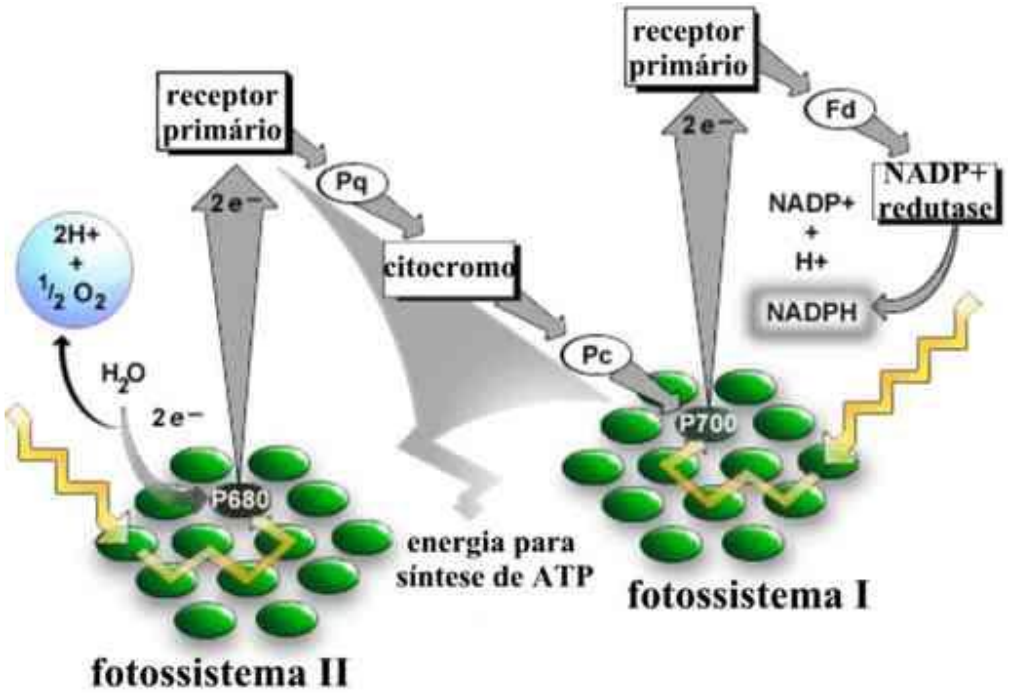

chloroplast
stroma
light
PSII
e-
P680
H2O
e-
1/2O2 + 2H+
H+
H+
light
PSI
e-
P700
H+
H+
H+
NADP+
NADPH
Pi+
ADP
H+
ATP
ATP synthase
H+
H+
H+
thylakoid lumen (interior)

Reações luminosas da fotossíntese

❖FSII



- Quando o par especial de clorofila a do FSII absorve a energia luminosa, fica em um estado excitado e transfere seu elétron para seu aceptor primário de elétron, a feofitina.
- Esse elétron passará então pela primeira parte da cadeia transportadora de elétrons.
- O FSII, por sua vez, passará a ter carga positiva e precisará de um novo elétron.

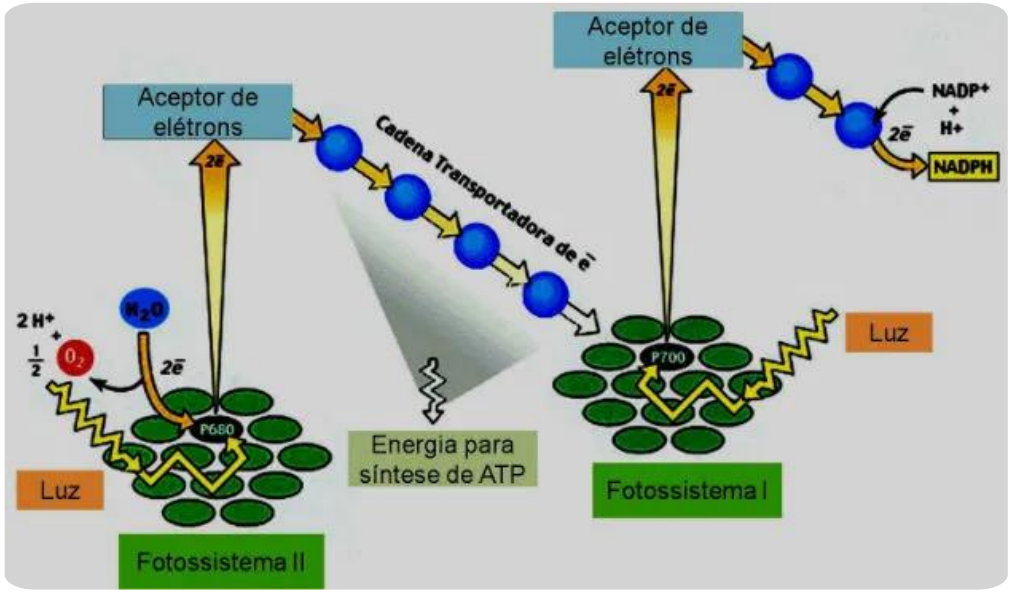


❖ Fotólise da água

❖4e-; 4H+; O2

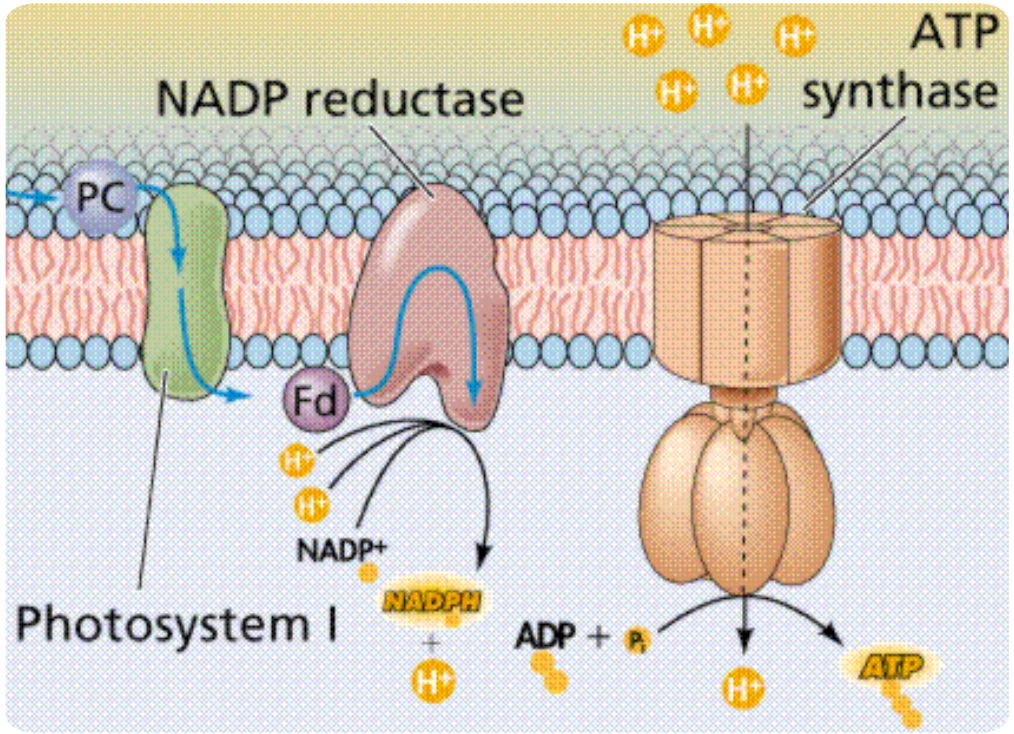
- O centro de manganês se liga a 2 moléculas de água, quebrando-as, para que o FSII recupere seu elétron perdido.

- Dessa forma, são liberados 4e-; 4 íons H+ e é produzida uma molécula de O2, que será usada na respiração celular ou liberada na atmosfera.



❖Cadeia transportadora de elétrons (CTE)

- Quando o elétron deixa o FSII, ele é transferido para a CTE, formada por três proteínas diferentes, e vai liberando energia.
- O elétron passa de um nível de alta para baixa energia;
- A energia liberada é usada para bombear prótons H+ do estroma para o interior do tilacoide.
- A entrada de H+ pela transferência do elétron e a quebra das moléculas de água gera uma diferença no gradiente de concentração de prótons H+ entre o estroma e o tilacoide.



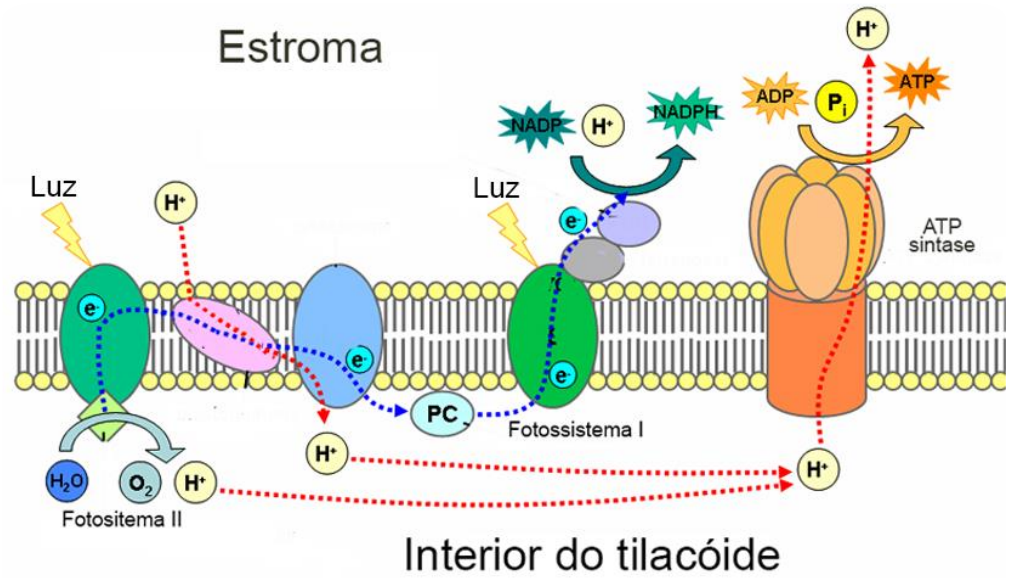
❖FSI

- Depois de passar pela CTE, o elétron chega ao FSI e se une ao par de clorofila a desse FS.

- Aí, o elétron é reenergizado pela absorção de outro fóton de luz e passa a uma segunda CTE, com uma proteína e uma enzima.

- A enzima NADP+ redutase recebe o elétron e o transfere para o NADP+, que é reduzido a NADPH e viajará ao ciclo de Calvin para que seus elétrons sejam usados na produção de açúcares.

❖Fotofosforilação

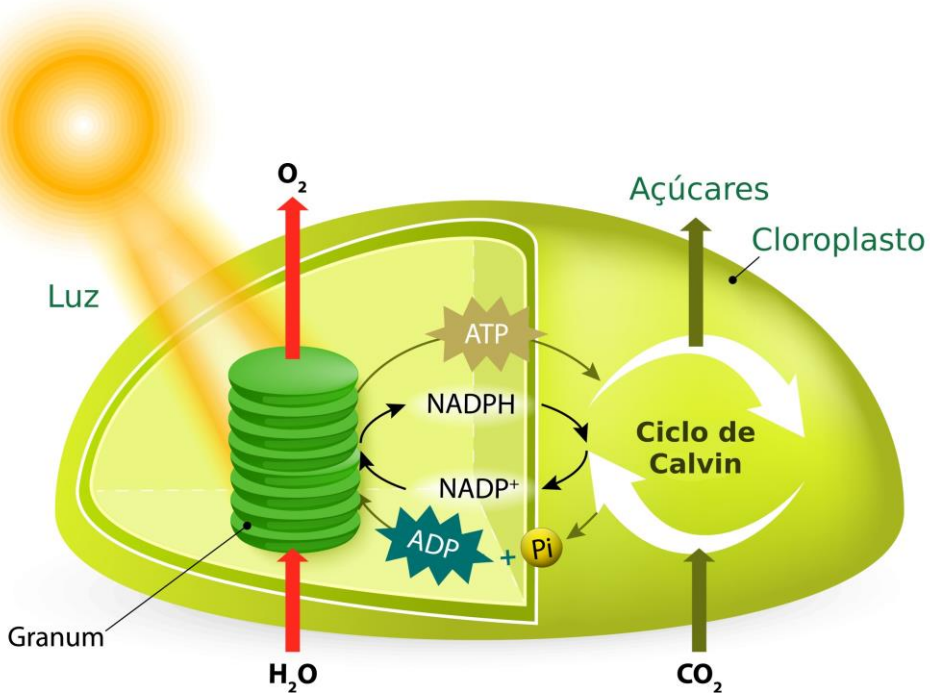


Domínio Público. Atribuição: Tameeria, English Wikipedia

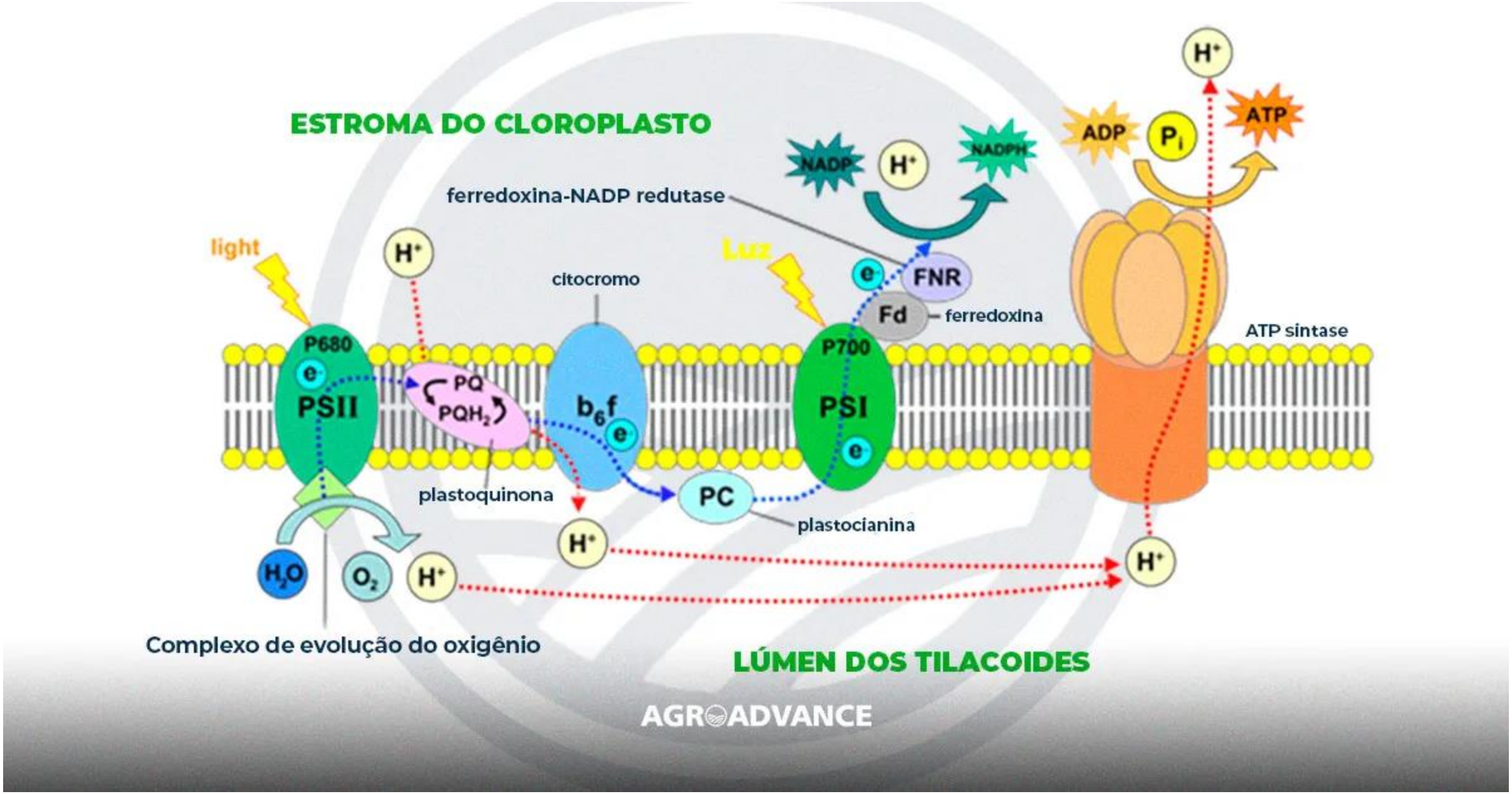
- Vimos que a transferência do elétron e a quebra das moléculas de água gerou uma diferença no gradiente de concentração de prótons H+, que devem voltar ao estroma.

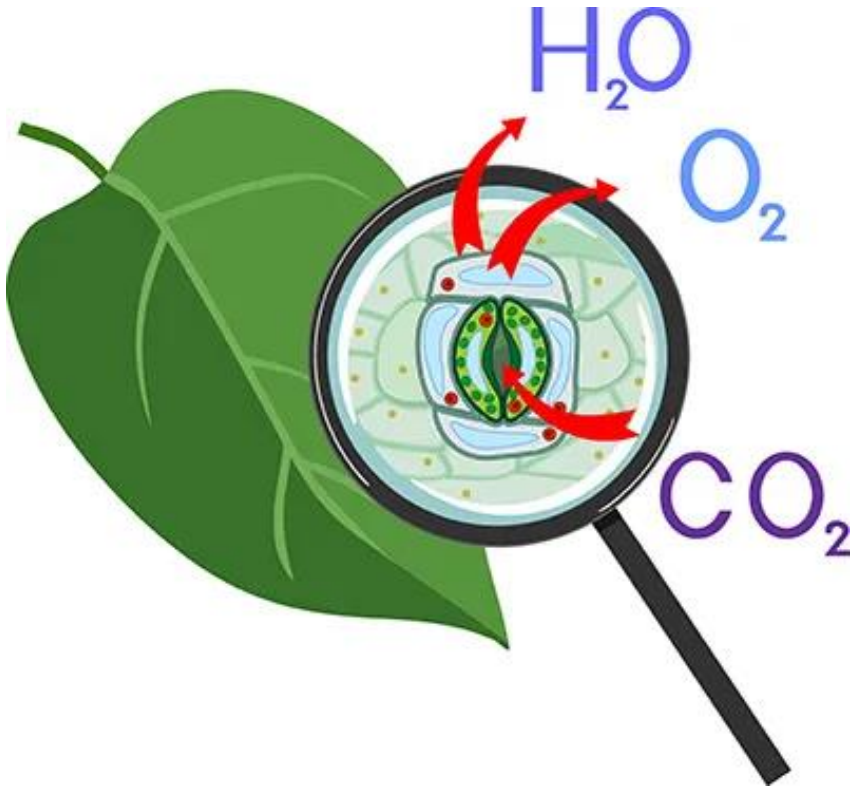
- A única rota de passagem desses prótons é a enzima ATP-sintase, que usa a passagem dos prótons para gerar ATP a partir de ADP + Pi.

Produtos da fase fotoquímica



- O2
- NADPH
- ATP


ESTROMA DO CLOROPLASTO
NADP
H+
NADPH
ferredoxina-NADP redutase
ADP
Pi
ATP
H+
light
Luz
citocromo
e-
FNR
Fd
ferredoxina
ATP sintase
P680
e-
PSII
PQ
PQH2
b6f
e-
P700
PSI
e-
plastoquinona
PC
plastocianina
H2O
O2
H+
H+
H+
Complexo de evolução do oxigênio
LÚMEN DOS TILACOIDES
AGROADVANCE



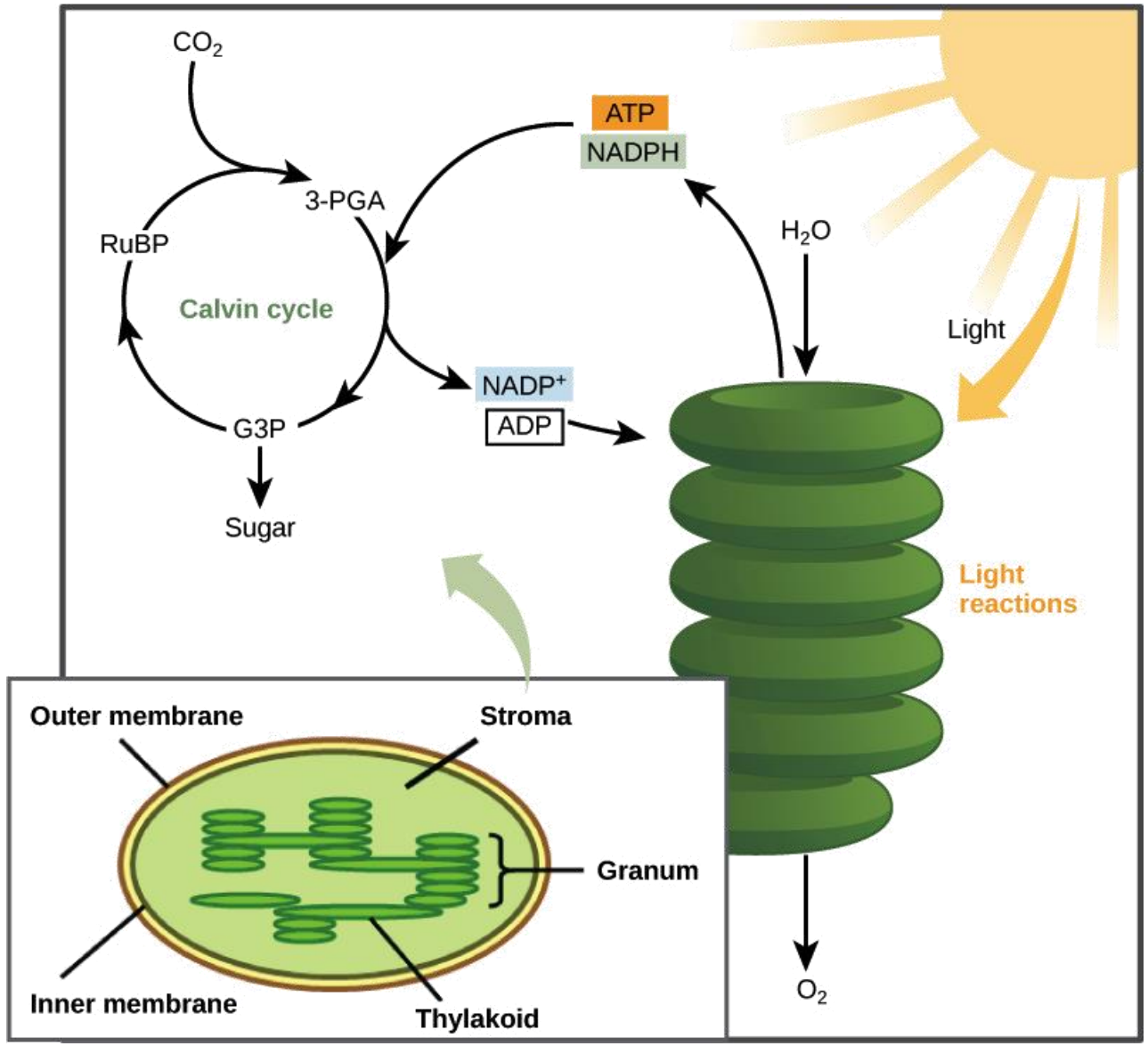
O ciclo de Calvin

- As moléculas complexas do corpo tem carbono como base;
- Esse carbono veio do CO2, que as plantas absorvem na fotossíntese e é usado no ciclo de Calvin para produzir glicose;
- Nas plantas, o CO2 entra no interior de uma folha pelos estômatos e difunde-se no estroma do cloroplasto, onde ocorre o ciclo de Calvin.

O ciclo de Calvin

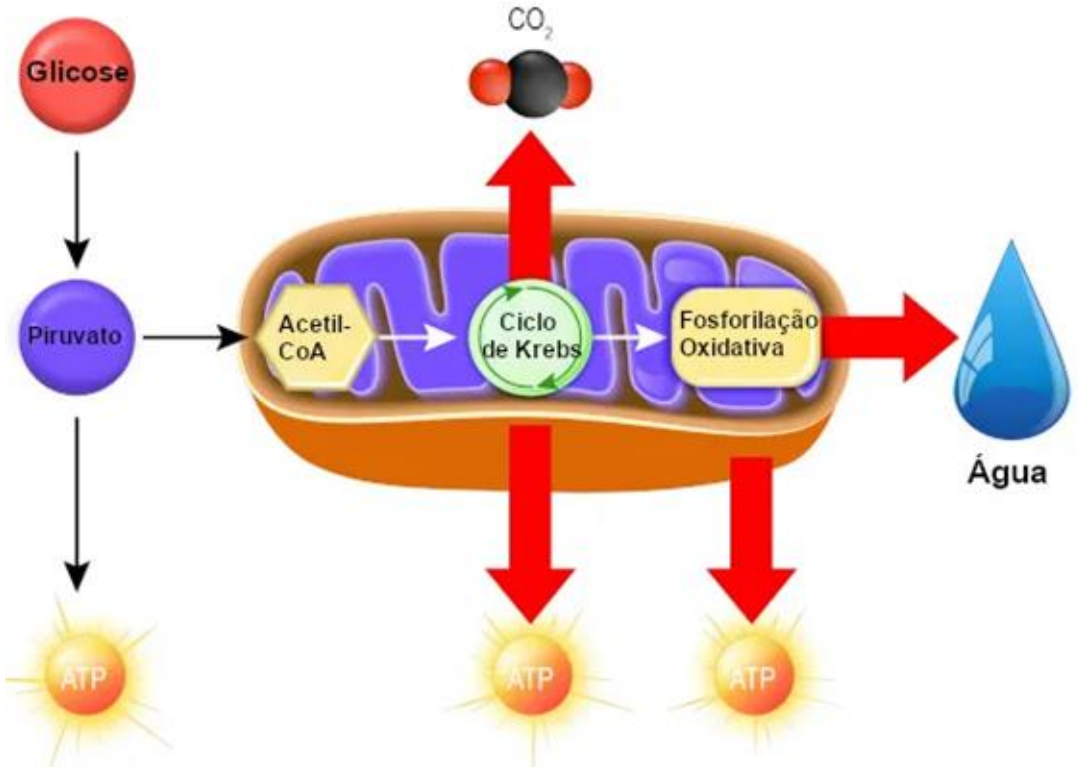
- Os átomos de carbono do CO2 são utilizados para formar açúcares, que depois formarão a glicose, molécula energética.

- A energia para que essas reações ocorram vem do ATP e do NADPH produzidos nas reações luminosas.
- https://www.youtube.com/watch?v=PT-0967OfKQ



Respiração aeróbia

- Ocorre na presença de O2;
- Tem como principal função produzir energia para o metabolismo celular, ou seja, gerar ATP a partir do alimento.
- As fontes energéticas são glicose, ácidos graxos e aminoácidos.
- Ocorre nas mitocôndrias.



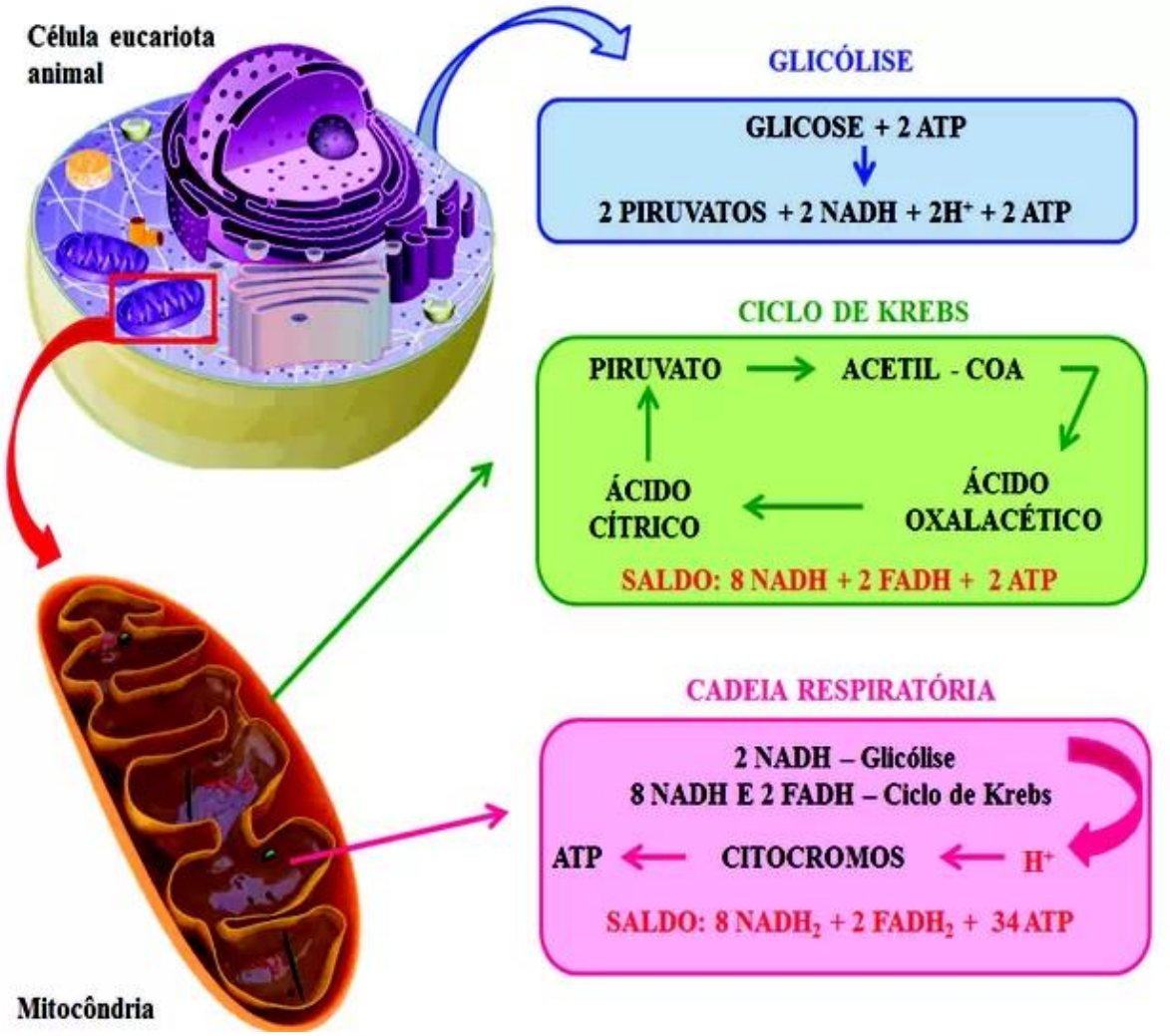
- Na respiração aeróbia, moléculas orgânicas simples são oxidadas e fornecem elétrons, que liberam energia que será armazenada na forma de ATP.

- A respiração pela quebra da glicose envolve três processos:

➢ Glicólise → transforma glicose em piruvato.

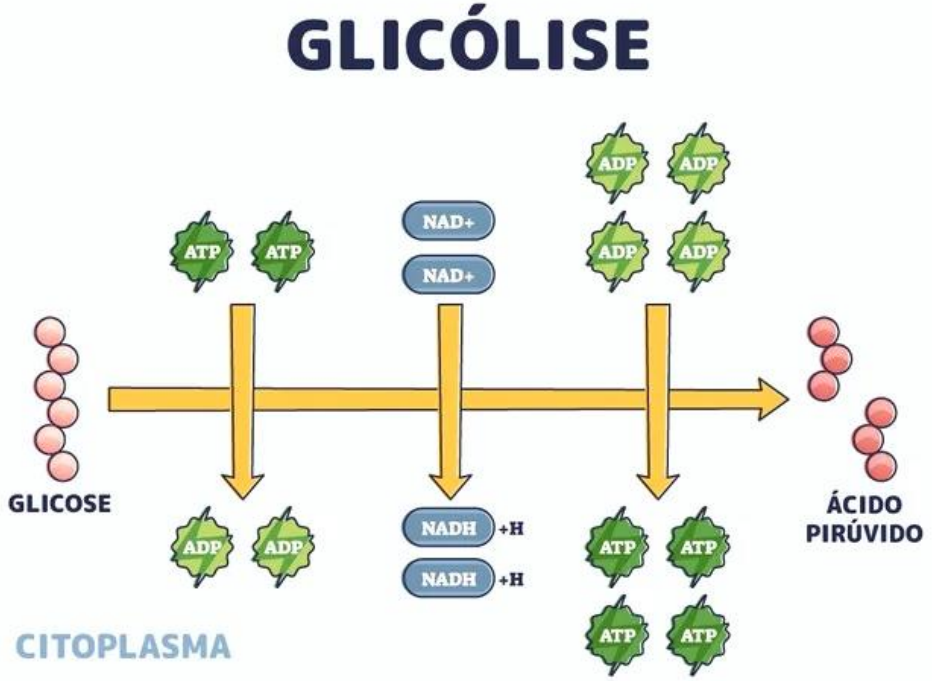
➢ Ciclo do ácido cítrico → gera CO2, NADH, FADH2 e ATP

➢ Fosforilação oxidativa → a oxidação do NADH e do FADH2 gerará ATP.



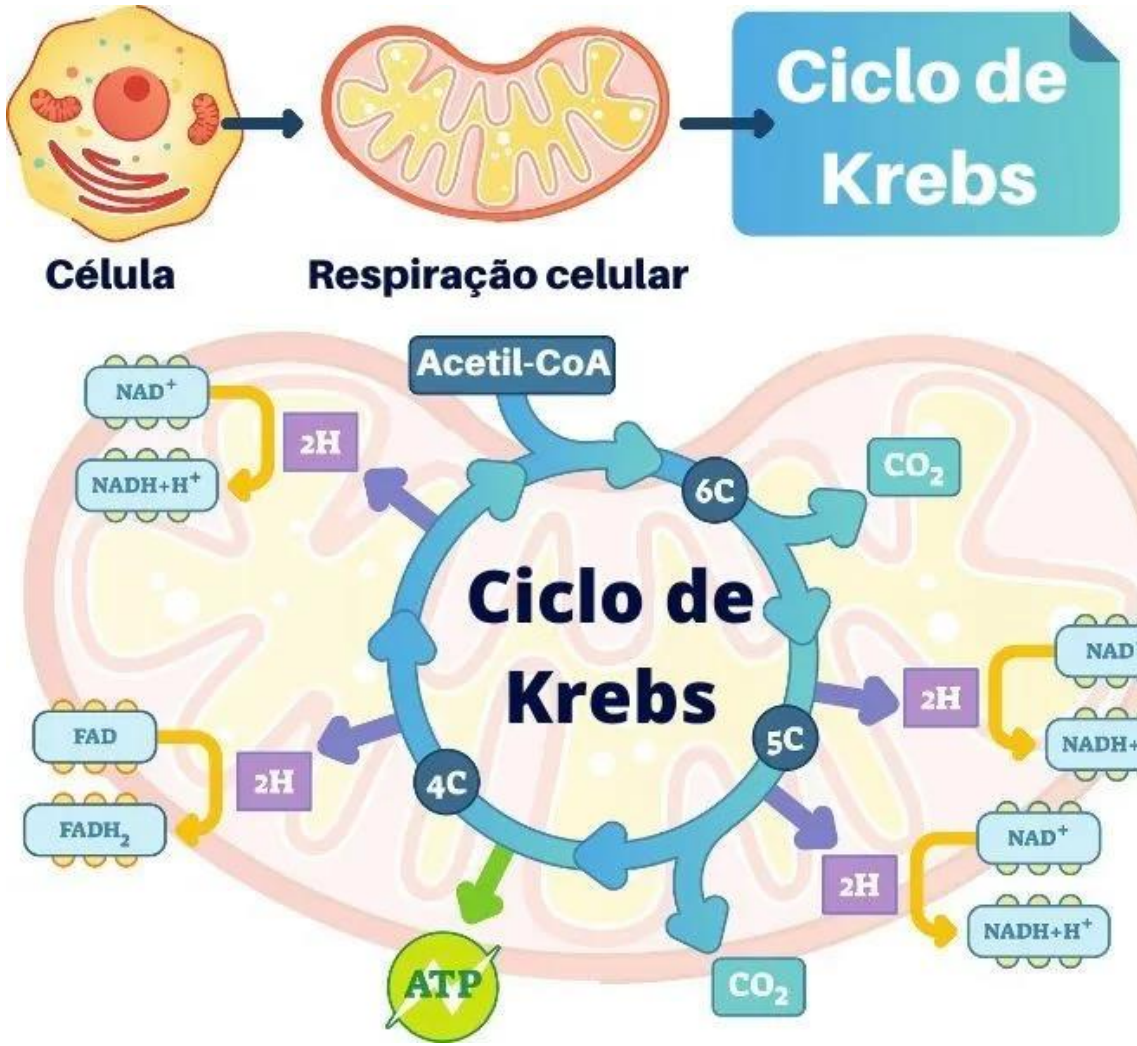
Glicólise

- Ocorre no citoplasma das células;
- A glicose será quebrada para dar origem a duas moléculas de piruvato;
- São 10 reações químicas envolvidas;
- A glicólise consome dois ATP e produz 4, tendo um saldo de 2 ATP e 2NADH + H+.



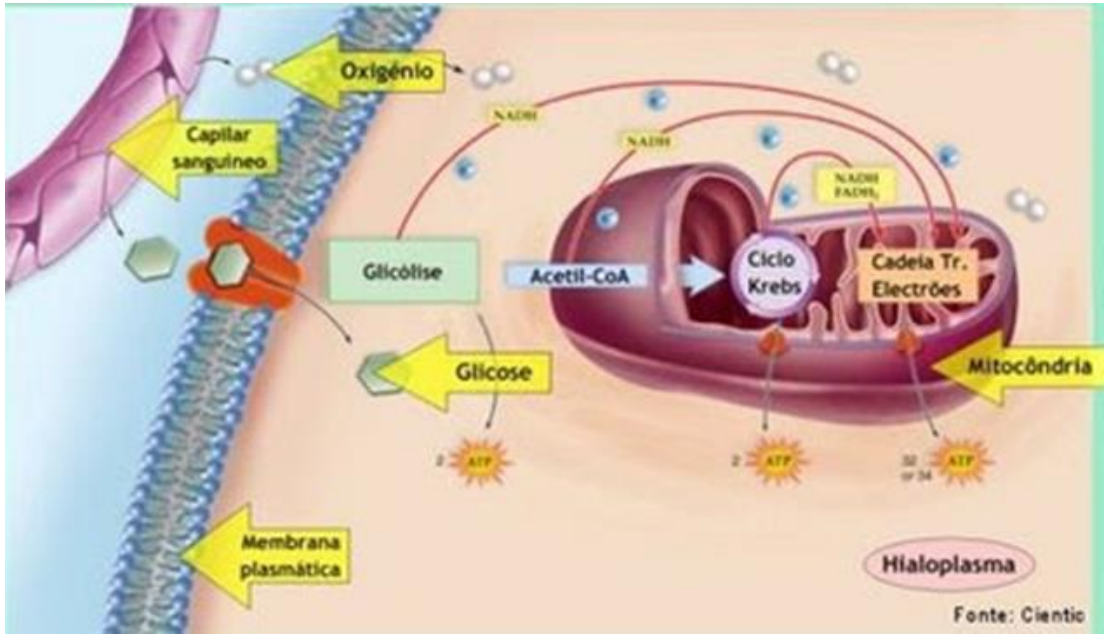
Ciclo do ácido cítrico

- É um conjunto de oito reações que ocorrem após o piruvato produzido na glicólise entrar na mitocôndria;
- O piruvato será oxidado a acetil-CoA, que se transformará em citrato para iniciar o ciclo do ácido cítrico;
- Produz CO2, NADH, FADH2 E ATP.



Fosforilação oxidativa

- Ocorre nas cristas mitocondriais;
- É a etapa final de oxidação da glicose.
- Toda a energia contida nos transportadores de elétrons produzidos no ciclo do ácido cítrico (NADH e FAH2) será utilizada na síntese de ATP.



- Divide-se em:

➢ Cadeia transportadora de elétrons

➢Quimiosmose.

Cadeia transportadora de elétrons

- É formada por moléculas arranjadas em quatro complexos que ficam na membrana interna das mitocôndrias;
- Eles atuam como etapas escalonadas de liberação de energia;
- Os elétrons são transferidos de complexo em complexo, liberando pequenas quantidades de energia.
- O último complexo da cadeia transfere os elétrons para o oxigênio, que coleta 2 íons H+ do meio aquoso e forma água.

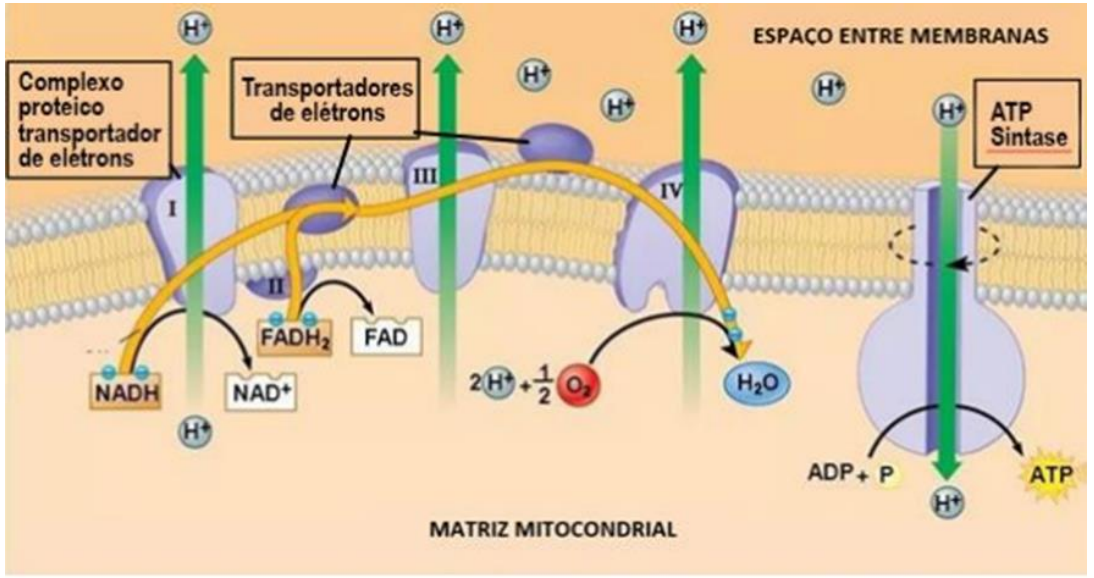


Ilustração esquemática da etapa de fosforilação oxidativa. Disponível em: <https://alevelbiology.co.uk/notes/oxidative-phosphorylation>. Acesso em outubro de 2021. Adaptado.

- À medida em que há o transporte de elétrons entre os complexos da cadeia, estes mesmos complexos bombeiam prótons H+ através da membrana interna para o espaço intermembranar.

- Na membrana interna da mitocôndria também há outro complexo proteico que forma a enzima ATP-sintase, responsável por sintetizar ATP a partir de ADP + Pi.

- A fonte de energia para essa enzima é a diferença de concentração de íons H+.

- O retorno dos íons H+ para o interior da matriz mitocondrial libera energia, que é usada para sintetizar ATP, é a quimiosmose.
- A fosforilação oxidativa gera de 32 a 34 ATP para a célula.

Fermentação

- Ocorre no citoplasma, na ausência de oxigênio;
- Ocorre em anaeróbios e eventualmente em aeróbios;
- O saldo da fermentação é de apenas 2 ATP e a molécula usada é a glicose.

➢ Fermentação láctica: glicose → 2 piruvato → 2 lactato. Produz-se iogurtes e bebidas lácteas.

➢ Fermentação alcoólica: glicose →2 piruvato → perde CO_2 e produz acetaldeído → etanol. Produz-se pães e bebidas alcoólicas.